

4. Japanese Pat. JP-B2-HEI-2-42313 (1990)

explained in the specification as Reference 4

PURPOSE: To reduce the generation amount of a coarse ferrite and form the welding metal showing excellent mechanical property by satisfying the specific equation by the sum of the metal Ti of the inside of a flux and the Ti of the inside of the metal sheath.

CONSTITUTION: In the flux cored wire filling a flux inside a metal sheath less than or equal to 0.14% Ti metal for the total weight of the metal sheath is contained in case of the inside of the metal sheath and less than or equal to 0.7% Ti metal for the wire total weight in case of the inside of the flux on the metal sheath and one part of the flux. The sum of the Ti metal inside the flux and the Ti of the inside of the metal sheath satisfies the range of the following equation.  $0.1\% < \text{Ti inside flux} + \text{Ti inside metal sheath} \times 5M < 0.7\%$ , whereas  $M=1\text{-flux filling rate \%}/100$ , and the filling amount of a slag forming agent is taken at 7-18% for the wire total weight.

## ⑪ 特許公報 (B2)

平2-42313

⑫ Int. Cl.<sup>\*</sup>  
B 23 K 35/388  
35/30識別記号  
B A  
厅内整理番号  
7362-4E  
7362-4E

⑬⑭ 公告 平成2年(1990)9月21日

発明の数 4 (全34頁)

⑮ 発明の名称 低合金耐熱鋼溶接用フラックス入りワイヤ

⑯ 特 願 昭61-143455

⑯ 公 開 昭63-2592

⑯ 出 願 昭61(1986)6月19日

⑯ 昭63(1988)1月7日

⑰ 発 明 者 奥 田 直 樹 神奈川県鎌倉市腰越1718-35

⑰ 発 明 者 田 中 治 神奈川県藤沢市大庭3910

⑰ 発 明 者 山 本 茂 昭 神奈川県高座郡寒川町一之宮157-7

⑰ 発 明 者 大 谷 善 男 神奈川県茅ヶ崎市菱沼1-10-8

⑯ 出 願 人 株式会社神戸製鋼所 兵庫県神戸市中央区臨浜町1丁目3番18号

⑯ 代 理 人 弁理士 植木 久一

審 査 官 沼 沢 幸 雄

1

2

## ⑰ 特許請求の範囲

1 フラックスを金属外皮内へ充填してなる複合ワイヤにおいて、金属外皮は金属外皮全重量に対して少なくともC:0.13重量% (以下単に%という) 以下、Si:1%以下及びMn:2.5%以下を含有すると共に、更にCr:1~10.5%、Mo:0.3~2.1%、Ni:1.2%以下よりなる群から選択される1種以上を含有する一方、フラックスはワイヤ全重量に対して、ZrO<sub>2</sub>:2~4%、SiO<sub>2</sub>:1~3\*

$$0.1\% \leq \text{フラックス中のTi} + \text{金属外皮中のTi} \times 5M \leq 0.7\%$$

該金属Tiと前記TiO<sub>2</sub>は下記式で示される範囲を満足するように含有され、

$$0.14\% \leq 0.2 \times \text{TiO}_2 + \text{フラックス中のTi} + 5M \times \text{金属外皮中のTi} \leq 0.8\%$$

但し、M=1-フラックス充填率(%) / 100  
且つスラグ形成剤の充填量をワイヤ全重量に対して7~18%としたことを特徴とする低合金耐熱鋼溶接用フラックス入りワイヤ。

2 フラックスを金属外皮内へ充填してなる複合ワイヤにおいて、金属外皮は金属外皮全重量に対して少なくともC:0.13%以下、Si:1%以下及びMn:2.5%以下を含有すると共に、更にCr:1~10.5%、Mo:0.3~2.1%、Ni:1.2%以下よりなる群から選択される1種以上を含有する一方、フラックスはワイヤ全重量に対してZrO<sub>2</sub>:2~

\*%、MgO:1~3%、鉄酸化物:FeO換算で1.5~3.5%、及びTiO<sub>2</sub>:0.2~2.5%を含有し、且つ前記金属外皮及び前記フラックスの少なくとも一方には、金属外皮中の場合は金属外皮全重量に対して0.14%以下、フラックス中の場合はワイヤ全重量に対して0.7%以下の金属Tiを含有し、フラックス中の金属Tiと金属外皮中のTiとの和は、下記の式の範囲を満足すると共に、

5 \*%、MgO:1~3%、鉄酸化物:FeO換算で1.5~3.5%、及びTiO<sub>2</sub>:0.2~2.5%を含有すると共に、更にSi:0.8%以下、Mn:1.2%以下、Cr:0.5%以下、Mo:0.4%以下よりなる脱酸剤・合金剤群から選択される1種以上を含有し、且つ前記金属外皮及び前記フラックスの少なくとも一方には、金属外皮中の場合は金属外皮全重量に対して0.14%以下、フラックス中の場合はワイヤ全重量に対して0.7%以下の金属Tiを含有し、フラックス中の金属Tiと金属外皮中のTiとの和は下記の式の範囲を満足すると

共に、

$0.1\% \leq \text{フラックス中のTi} + \text{金属外皮中のTi} \times 5M \leq 0.7\%$

該金属Tiと前記 $\text{TiO}_2$ は下記式で示される範囲 を満足するように含有され、

$0.14\% \leq 0.2 \times \text{TiO}_2 + \text{フラックス中のTi} + 5M \times \text{金属外皮中のTi} \leq 0.8\%$

但し、 $M = 1 - \text{フラックス充填率 (\%)} / 100$   
且つスラグ形成剤の充填量をワイヤ全重量に対  
して7~18%としたことを特徴とする低合金耐熱  
鋼溶接用フラックス入りワイヤ。

3 フラックスを金属外皮内へ充填してなる複合  
ワイヤにおいて、金属外皮は金属外皮全重量に対  
して少なくともC: 0.13%以下、Si: 1%以下及  
びMn: 2.5%以下を含有すると共に、更にCr: 1  
~10.5%、Mo: 0.3~2.1、Ni: 1.2%以下よりな  
る群から選択される1種以上を含有する一方、フ\*

$0.1\% \leq \text{フラックス中のTi} + \text{金属外皮中のTi} \times 5M \leq 0.7\%$

該金属Tiと前記 $\text{TiO}_2$ は下記式で示される範囲 を満足するように含有され、

$0.14\% \leq 0.2 \times \text{TiO}_2 + \text{フラックス中のTi} + 5M \times \text{金属外皮中のTi} \leq 0.8\%$

但し、 $M = 1 - \text{フラックス充填率 (\%)} / 100$   
さらに又ワイヤ全重量に対して0.012~0.033%  
の窒素がフラックス又は金属外皮の少なくとも一  
方に含有され且つ、スラグ形成剤の充填量をワ  
イヤ全重量に対して7~18%としたことを特徴とす  
る低合金耐熱鋼溶接用フラックス入りワイヤ。

4 フラックスを金属外皮内へ充填してなる複合  
ワイヤにおいて、金属外皮は金属外皮全重量に対  
して少なくともC: 0.13%以下、Si: 1%以下及  
びMn: 2.5%以下を含有すると共に、更にCr: 1  
~10.5%、Mo: 0.3~2.1、Ni: 1.2%以下よりな  
る群から選択される1種以上を含有する一方、フ\*

$0.1\% \leq \text{フラックス中のTi} + \text{金属外皮中のTi} \times 5M \leq 0.7\%$

該金属Tiと前記 $\text{TiO}_2$ は下記式で示される範囲 を満足するように含有され、

$0.14\% \leq 0.2 \times \text{TiO}_2 + \text{フラックス中のTi} + 5M \times \text{金属外皮中のTi} \leq 0.8\%$

但し、 $M = 1 - \text{フラックス充填率 (\%)} / 100$   
さらに又ワイヤ全重量に対して0.012~0.033%  
の窒素がフラックス又は金属外皮の少なくとも一  
方に含有され且つ、スラグ形成剤の充填量をワ  
イヤ全重量に対して7~18%としたことを特徴とす  
る低合金耐熱鋼溶接用フラックス入りワイヤ。

\* フラックスはワイヤ全重量に対して、 $\text{ZrO}_2: 2 \sim 4\%$ 、 $\text{SiO}_2: 1 \sim 3\%$ 、 $\text{MgO}: 1 \sim 3\%$ 、鉄酸  
化物： $\text{FeO}$ 換算で1.5~3.5%、及び $\text{TiO}_2: 0.2 \sim$

10 2.5%を含有し、且つ前記金属外皮及び前記フ  
ラックスの少なくとも一方には、金属外皮中の場合  
は金属外皮全重量に対して0.14%以下、フラックス  
中の場合はワイヤ全重量に対して0.7%以下の金  
属Tiを含有し、フラックス中の金属Tiと金属  
外皮中のTiとの和は次の式の範囲とすると共に、

15 外皮中のTiとの和は次の式の範囲とすると共に、

\* フラックスはワイヤ全重量に対して、 $\text{ZrO}_2: 2 \sim 4\%$ 、 $\text{SiO}_2: 1 \sim 3\%$ 、 $\text{MgO}: 1 \sim 3\%$ 、鉄酸  
化物： $\text{FeO}$ 換算で1.5~3.5%、及び $\text{TiO}_2: 0.2 \sim$

25 2.5%を含有すると共に更にSi: 0.8%以下、  
Mn: 1.2%以下、Cr: 0.5%以下、Mo: 0.4%以  
下よりなる脱酸剤・合金剤群から選択される1種  
以上を含有し、且つ前記金属外皮及び前記フ  
ラックスの少なくとも一方には、金属外皮中の場合

30 は金属外皮全重量に対して0.14%以下、フラックス  
中の場合はワイヤ全重量に対して0.7%以下の金  
属Tiを含有し、フラックス中の金属Tiと金属外  
皮中のTiとの和は次の式の範囲とすると共に、

#### 発明の詳細な説明

##### 40 【産業上の利用分野】

本発明はMn-Mo系、Mn-Mo-Ni系及びCr  
-Mo系等の低合金耐熱鋼溶接用として優れた性  
能を示す、フラックス入りワイヤに関し、詳細に  
は溶接後熱処理（以下PWHTと略称す）が長時

間に亘る場合でも粗大フェライトの発生量が少なく、優れた機械的性能を示す溶接金属を形成することのできる低合金耐熱鋼溶接用フラックス入りワイヤに関するものである。

#### 【従来の技術】

溶接用フラックス入りワイヤは溶接能率が高く且つ溶接金属の性能も良好で安定しているところから広い範囲に亘って実用化されており、低合金耐熱鋼材の溶接材料としての需要も漸次増加の傾向を辿っている。特にチタニア系フラックスを充填した複合ワイヤ（チタニア系複合ワイヤ）は溶接作業性に優れビードの形状及び外観が良好でスペックが少ないという利点があり、汎用ワイヤとして有利な特性を有している。しかしながらこのチタニア系複合ワイヤを用いた場合は、フラックス中の $TiO_2$ が冶金反応により容易に還元されて溶接金属中に留まるため溶接金属の機械的性能、特に衝撃値を下げる、という欠点があつた。そこで本願発明者等はかねてよりフラックス組成の検討を行ない、フラックス中の $TiO_2$ を抑制した特殊なフラックス成分に到達し、且つTi、Zr或はNの添加量を調整することにより衝撃値を増大させる発明を先に提案した（特開昭60-68189参照）。

ところで耐熱特性の優れた鋼材として知られているMn-Mo鋼、Mn-Mo-Ni鋼及びCr-Mo鋼の溶接は、厚さ20mm未満の薄板から厚さ250mmの厚板まで広範囲に亘って実施されており、また応力除去のため焼鈍が必要であるところからPWHTが不可欠とされている。PWHTの実施条件は適用鋼種、温度、板厚及び溶接接頭手数などによつて様々であり、上記厚板を溶接する場合等は長時間に亘るPWHTを要するものもある。

しかしながらその後の研究によると、前記先願発明は薄板溶接の様に短時間のPWHTを行なうものについては良好な機械的特性を発揮したが、長時間に亘るPWHTを行なうものにおいては、溶接金属の機械的特性は必ずしも満足できるものではなく厚板の溶接には適用できないことが分かつた。即ち、先願発明に係るフラックス入り複合ワイヤを用いて1・1/4Cr-1/2Mo系ワイヤを溶接し、溶接金属の機械的特性を調査した。使用した鋼板の板厚は19mm<sup>1</sup>、開先角度は45°であつた。結果を第4図に示す。尚、第4図において横軸P

は $P = T(\log t + 20) \times 10^{-3}$ の式による対数目盛をとつたものである。但しT：PWHTにおける絶対温度、t：同処理時間。

690°CでのPWHTが1時間の場合は引張特性、5 衝撃特性共に良好な結果が得られたが、PWHTが8時間、28時間と長くなるにつれて引張特性、衝撃特性共に急激に低下し、特に引張強さはASTMの母材強度（52.7kg f/mm<sup>2</sup>以上）を下回つた。これは被覆アーク溶接棒の機械的特性よりも低いものであり、溶接能率が高いというせつかくの利点にもかかわらず、機械的特性の不十分さが汎用性の陰路となるものであつた。そこで溶接金属の機械的特性がこのように低下する原因を調査するために引張試験片残材からミクロ試験片を10 採取し、各種のPWHT条件下でミクロ組織を観察した結果、690°C×1時間では溶接金属中に粗大フェライトの発生はみられなかつたが、690°C×28時間においては粗大フェライトが多量に発生しており、この粗大フェライトの存在が、溶接金属の機械的特性低下の原因となつているのではないかと推論するに至つた。更に追跡調査を行なつた結果、この様な粗大フェライトを発生させる主要原因の1つが、フラックス中に多量に充填されているSi、Mn、Cr、Mo等の脱酸剤・合金剤に25 あることを究明した。即ち前記先願発明に係るワイヤでは軟鋼を金属外皮としているため、フラックス中に上記脱酸剤・合金剤を多量に添加せざるを得なかつたが、これらの金属がPWHTの際に溶接金属中に粗大フェライトを誘発していること30 がわかつた（第1図A参照：後述）。

#### 【発明が解決しようとする問題点】

本発明は上記の様な事情に着目してなされたものであつて、その目的は厚板の場合の様に長時間に亘るPWHTを行なつても溶接金属中に多量の粗大フェライトを発生することがなく從つて機械的特性が劣化することがない溶接用フラックス入りワイヤを提供しようとするものである。

#### 【問題点を解決する為の手段】

本発明はフラックスを金属外皮内へ充填してなる低合金耐熱鋼溶接用フラックス入りワイヤであつて下記の点に主たる要旨を有するものである。

フラックスを金属外皮内へ充填してなる複合ワイヤにおいて、金属外皮は金属外皮全重量に対して少なくともC：0.13重量%以下、Si：1%以下

及びMn: 2.5%以下を含有すると共に、更にCr: 1~10.5%、Mo: 0.3~2.1、Ni: 1.2%以下よりなる群から選択される1種以上を含有する一方、フラックスはワイヤ全重量に対して、 $ZrO_2$ : 2~4%、 $SiO_2$ : 1~3%、 $MgO$ : 1~3%、鉄酸化物: FeO換算で1.5~3.5%、及び $TiO_2$ : 0.2~\*

$$0.1\% \leq \text{フラックス中のTi} + \text{金属外皮中のTi} \times 5M \leq 0.7\%$$

該金属Tiと前記 $TiO_2$ は下記式で示される範囲

$$0.14\% \leq 0.2 \times TiO_2 + \text{フラックス中のTi} + 5M \times \text{金属外皮中のTi} \leq 0.8\%$$

且つスラグ形成剤の充填量をワイヤ全重量に対して7~18%としたことを特徴とする低合金耐熱鋼溶接用フラックス入りワイヤ。但し、M=1~フラックス充填率(%) / 100であり、以下本明細書において、Mはいずれも同じ意味をあらわすものとする。

尚上記構成要件に加えて金属の成分調整用として必要な場合には、0.7%以下のSi、0.5%以下のCr、0.6%以下のNi、1.2%以下のMn、0.4%以下のMoをフラックス中に加え、或は/及び金属外皮かフラックスのいずれか一方に0.012~0.033%のNを加えることも本発明の重要な構成要件となつてゐる。

#### 【作用】

本発明は上記の様に構成されるが、要は、前記先願発明においては、金属外皮が軟鋼で構成されていたためフラックス中にSi、Mn、Cr、Mo等の脱酸剤・合金剤を多量に添加しており、これがPWHTにおける粗大フェライトの多量発生の原因となつてゐるのに対して、本発明では金属外皮を軟鋼から適用鋼種の化学組成に類似した共金鋼に変更し且つ、フラックスに添加されていたSi、Mn等の金属粉を金属外皮に添加することによつて、フラックス中のスラグ形成剤及び上記金属粉の添加量を抑制し、これによつて溶接金属中に粗大フェライトが発生する要因を排除したものである。

ちなみに第1図A及びBはいずれもPWHT: 690°C × 28hrで処理した溶接金属から採取した引張試験片の断面顕微鏡写真(倍率: 5倍)である。第1図Aは従来ワイヤによるものであり、白の部分は粗大フェライトである。第1図Bは本発明に係るワイヤによるものであり粗大フェライト

2.5%を含有し、且つ前記金属外皮及び前記フラックスの少なくとも一方には、金属外皮中の場合は金属外皮全重量に対して0.14%以下、フラックス中の場合はワイヤ全重量に対して0.7%以下の金属Tiを含有し、フラックス中の金属Tiと金属外皮中のTiとの和が次式の範囲とすると共に、

を満足するように含有され、

$$0.14\% \leq 0.2 \times TiO_2 + \text{フラックス中のTi} + 5M \times \text{金属外皮中のTi} \leq 0.8\%$$

の発生はみられない。

以下に(a)金属外皮、(b)フラックスの各々に添加する添加成分とその作用及び数値の限定理由について説明する。

#### (a) 金属外皮への添加成分

Si、Mnが必須の添加成分であり、Cr、Mo及びNiはMn-Mo鋼、Mn-Mo-Ni鋼、或はCr-Mo鋼から選択される被溶接適用鋼種に応じていずれか1種以上添加されるものである。以下述べる数値は金属外皮全重量に対する%である。

$$C: 0.005 \sim 0.13\%$$

溶接金属の強度および衝撃値の調整の目的で加える。0.13%を超えると線引性が低下するとともに溶接金属の耐われ性も低下し、さらには溶接作業中にスパッタが多量に発生する。0.005%未満では、良好な強度、衝撲値が得られない。

$$Si: 0.01 \sim 1\%$$

$$Mn: 0.1 \sim 2.5\%$$

ともに溶接金属の脱酸および強度調整さらに衝撲値の調整の目的で加える。

しかしSi: 1%、Mn: 2.5%を夫々超えて添加すると溶接金属の衝撲値が低下する。Si: 0.01%未満、Mn: 0.1%未満の場合十分な添加効果が得られない。

$$Cr: 1 \sim 10.5\%$$

$$Mo: 0.3 \sim 2.1\%$$

ともに溶接金属の耐食性および強度調整の目的で加えるが、これらの成分は通常被溶接物の化学成分に対応して加えられるもので、同一成分系が望ましい。

Moは被溶接物の同一範囲で加えられるがCr

は溶接金属の歩留りを考慮して加えられる。Cr、Moが上記範囲を超えると耐割れ性が低下し上記範囲未満であれば強度・耐割れ性が低下する。

#### Ni: 12%以下

溶接金属の衝撃値向上を目的として加えられるが、12%を超えて加えるとかえつて衝撃値が低下することがあり、好ましくない。

#### Ti: 0.14%以下

アークの安定性向上と、溶接金属の脱酸を目的として加えるが上記の範囲を超えて加えるとスパツタの増加および溶接金属の強度が高くなりすぎるとともに溶接金属の衝撃値も低下する。

#### (b) フラックスへの添加成分

$ZrO_2$ 、 $SiO_2$ 、 $MgO$ 、鉄酸化物、 $TiO_2$ はスラグ形成剤として必須の添加成分である。以下の数値はいずれもワイヤ全重量に対する%である。

#### $ZrO_2$ : 2~4%

スラグ形成剤およびアーク安定剤として不可欠の成分であり、2%未満では良好なビード外観およびビード形状が得られずスパツタも多量に発生する。一方4%を超えるとスラグの粘性が過剰となりスラグの巻きこみが発生するとともに溶接作業性も低下する。

#### $SiO_2$ : 1~3%

スラグの粘性を調整し、特に下向溶接時のスラグ被包性改善を目的として添加するもので、1%未満ではそれらの効果が十分に発揮できな<sup>\*30</sup>

$$0.1\% \leq \text{フラックス中のTi} + \text{金属外皮中のTi} \times 5M \leq 0.7\%$$

$$0.14\% \leq TiO_2 \times 0.2 + \text{フラックス中のTi} + \text{金属外皮中のTi} \times 5M \leq 0.8\%$$

Tiは脱酸剤として不可欠の成分であり、フラックスまたは金属外皮の一方または両方に適量添加することにより溶接金属の衝撃値は著しく改善される。しかし多すぎると溶接金属中のTiの歩留り量が増加し衝撃値は低下する。一方 $TiO_2$ はスラグ形成剤またはアーク安定剤として使用するが0.2%未満ではその効果が発揮できず、2.5%を超えて添加すると $TiO_2$ は溶接工程で一部が還元されてTiとして溶接金属中へ歩留るので歩留りを考慮して添加量を規定する必要がある。こうした意味から金属外皮中のTiならびにフラックス中のTiおよび $TiO_2$ の

\* い。また3%を超えて添加すると、スラグの粘性が低下しすぎて、特に立向上進溶接の際にビードが凸気味になり、さらには溶接金属のSi量が多くなり、衝撃値が低下するとともに耐割れ性も低下する。

#### $MgO$ : 1~3%

立向上進溶接においてスラグの粘性を適正に保ちビードの凸状化を防止すると共に生成スラグを塩基性にしてC、Mn、Si、Ti等の脱酸効果を促進し、衝撃値を高める作用があり、これらの作用は1%以上の添加で効果的に発揮される。しかし3%を超えるとスラグの粘性が過大となつて下向溶接時のスラグ被包性が低下しビード外観が悪化すると共にスパツタが多量に発生するなど、溶接作業性が劣悪になる。

#### 鉄酸化物: 1.5~3.5% (FeO換算)

$SiO_2$ と同様にスラグの粘性調整剤として作用し、下向溶接時のスラグ被包性を高めると共に溶接作業性の向上に寄与する。また $SiO_2$ と異なる点は立向上進溶接において凸ビード化の阻止効果を発揮することである。こうした効果は1.5%以上で有効であり3.5%を超えると溶接金属の酸素量が増加し衝撃値が低下する。

なお鉄酸化物は $FeO$ や $Fe_2O_3$ として添加されるが添加率は $FeO$ 換算値として定める。

#### $TiO_2$ : 0.2~2.5%

#### Ti: 0.7%以下

でかつフラックス中の金属Tiと金属外皮中のTiとの和が次の式の範囲を満足すると共に

最適添加量を求めたものが第2図であり、これから上記の関係式を求めたものである。第2図は1・1/4Cr-1/2Mo系フラックス入りワイヤのシールドガスが $CO_2$ : 100%の場合と $Ar + (5 \sim 20\%) CO_2$ の場合のPWHTが $690^\circ C \times 1$ 時間における溶接金属の衝撃値について整理したものである。

$CO_2$ : 100%の場合、フラックス中のTiと $5M \times$ 金属外皮中のTiとの和から0.7%を超えると溶接金属中のTiが0.035%を超えるため、溶接金属の衝撃値は低くなり、また0.1%未満では脱酸不足となるためやはり溶接金属の衝撃値は

低い。

さらにAr+(5~20%) CO<sub>2</sub>の場合におけるフラックス中のTiO<sub>2</sub>量とフラックス中のTiと\*

$$0.14\% \leq TiO_2 \times 0.2 + フラックス中のTi + 金属外皮中のTi \times 5M \leq 0.6\%$$

よつて、Ar+(5~20%) CO<sub>2</sub>の場合TiO<sub>2</sub>が0.2~25%でフラックス中のTiと金属外皮中のTi×5Mの和が0.1~0.5%とすることが望ましい。

要は溶接金属中のTi量が0.035%以下とすることが溶接金属の衝撃値の安定のために望ましい。

次にSi、Mn、Cr、Mo、Niはいずれも金属外皮に添加含有されているものであつて、溶接金属中の粗大フェライト発生を防止する観点からはいずれの金属もフラックスには添加されないことが好ましいが、添加される場合は金属外皮から溶接金属への歩留りを考慮してその調整の観点から添加されるものである。添加の効果は上記(a)で述べたものと同じであり、以下の数値はいずれもワイヤ全量に対する%である。

Si: 0.8%以下

0.8%を超えて添加すると溶接金属の衝撃値が低下するため好ましくない。

Mn: 1.2%以下

溶接金属のMnは機械的特性を考慮してその適量が決定されるが、1.2%を超えて添加すると長時間PWHTにおいて溶接金属中に粗大フェライトが多量に発生し、機械的特性が低下する。

Cr: 0.5%以下

母材のCr含有率に応じて少量添加することが可能である。

しかしCrを0.5%を超えて添加すると長時間PWHTにおいて溶接金属中に粗大フェライトが多量に発生し機械的特性が低下するため0.5%以下が好ましい。

M: 0.4%以下

0.4%を超えて添加すると、長時間PWHTにおける溶接金属中に粗大フェライトが多量に発生し機械的特性が低下する。

Ni: 0.6%以下

0.6%を超えて添加すると長時間PWHTにおいて溶接金属中に粗大フェライトが多量に発生し機械的特性が低下する。

\* 5M×金属外皮中のTiとの和の最適量を求める  
と次の範囲であつた

$$0.14\% \leq TiO_2 \times 0.2 + フラックス中のTi + 金属外皮中のTi \times 5M \leq 0.6\%$$

スラグ形成剤: 7~18%

7%未満ではスラグ量が不足するため、ビード外観が不良となると共にスパッタが増え、溶接作業性が劣化し、18%を超えるとワイヤの製造時に

10 断線が生じ易くなる。

ここでいうスラグ形成剤としては、ZrO<sub>2</sub>、SiO<sub>2</sub>、MgO、鉄酸化物、TiO<sub>2</sub>が挙げられる。またAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、K<sub>2</sub>O、Na<sub>2</sub>O、MnO<sub>2</sub>、CaF<sub>2</sub>、NaF<sub>2</sub>、Mgなどのスラグ形成剤も添加することができる  
15 が、これらのものは1種以上の和が20%以下であることが望ましい。

N: 0.012~0.033%

ワイヤ全重量に対してフラックスまたは金属外皮の一方または両方に含まれるNを0.012%以上  
20 にすることにより溶接金属の低温(-20°C)における衝撃特性を著しく高める作用があり、低温用耐熱鋼の溶接材料として使用される場合に効果がある。

しかしNが0.033%を超えると溶接金属にピツ  
25 トやプローホールなどが多量に発生するので好ましくない。

次に本発明のワイヤ断面形状については特に定めるものではなく、従来のフラックス入りワイヤと同様、送給性、アーク安定性に悪影響を与えない範囲では断面に合わせ目があつても良く、あるいは合わせ目のないシームレスワイヤであつても良い。

尚ワイヤ内に充填するフラックスは粉体を混合したものあるいは焼結したものなどいずれでも良い。  
35

#### 【実施例】

第1表に示す成分組成の金属外皮内に第2表に成分組成を示すフラックスを充填した1.2mmの  
40 フラックス入りワイヤを製作し、第3表に成分組成を示す母材に対し第3図に示す開先形状、および第4表に示す条件で溶接を行ない各PWHTを行なつた後、それぞれ溶接金属の板厚中央部からJISA-1号引張試験片とJISA-4号シャルピー衝撃試験片を採取して試験を行なつた。結果を第

5表に示す。

第2表および第5表より次の様に考察することができる。

#### 実験No.1、2

フラックス中のMn量が多すぎるため溶接金属の機械的特性が低い。

#### 実験No.6

金属外皮中のSi及びMn量が多すぎるため溶接金属の衝撃値は低い。

#### 実験No.7

フラックス中のSi量が多すぎるため溶接金属の衝撃値は低い。

#### 実験No.10

フラックス中のCr量が多いため溶接金属の機械的特性は低い。

#### 実験No.11

フラックス中のMo量が多いため溶接金属の機械的特性は低い。

#### 実験No.13

フラックス中のTi量が不足しているため溶接金属の衝撃値は低い。

#### 実験No.16

フラックス中のTi量が過大であるため溶接金属の衝撃値は低い。

#### 実験No.18、20、26

金属外皮中のTi量とフラックス中のTiおよびTiO<sub>2</sub>との和が多いため溶接金属の衝撃値は低い。

#### 実験No.21

金属外皮のTi量が多いため溶接金属の衝撃値は低い。

#### 実験No.25

フラックス中のTiとTiO<sub>2</sub>との和が多いため溶接金属の衝撃値は低い。

#### 実験No.27

金属外皮中のTi量とフラックス中のTiO<sub>2</sub>との和が多いため溶接金属の衝撃値は低い。

#### 実験No.28

フラックス中のZrO<sub>2</sub>量およびSiO<sub>2</sub>量が不足しているためスラグの被包性が悪くビード外観も不良である。

#### 実験No.31

フラックス中のZrO<sub>2</sub>量が多すぎるため、スラグの粘性が過大となり溶接作業性が劣悪であると共にスラグ巻きこみや融合不良が発生し、X線性能も悪い。

能も悪い。

#### 実験No.32および34

フラックス中のMgO量が本発明範囲外の例でNo.32はMgOが不足するため立向上進溶接時のビード形状が凸気味となり溶接作業性も不良である。No.34はMgO量が多いためスラグの被包性が劣化し、ビード外観が悪いと共にスラグ巻きこみが発生しX線性能も悪い。

#### 実験No.35及び37

フラックス中の鉄酸化物が本発明範囲外の例でNo.35は鉄酸化物が不足するため、スラグ被包性が低下し、ビード外観が不良である。No.37は鉄酸化物が多いため溶接金属の衝撃値は低い。

#### 実験No.38

スラグ形成剤が不足しているためスラグ被包性が悪くビード外観が不良であった。

#### 実験No.41および45

金属外皮中のNとフラックス中のNとの和が多すぎるため溶接ビードにピットが発生し、さらにプローホールが多量に発生し、X線性能が悪い。

#### 実験No.22

フラックス中のTiO<sub>2</sub>が不足しているため、スラグ被包性がやや不足すると共にスパッタが多いため作業性は不良である。

#### 実験No.51

Mn-Mo-Ni系の実験で、フラックス中にNi量が多いため長時間PWHTにおける溶接金属に粗大フェライトが多発し、機械的特性が低い。

実験No.3、4、5、8、9、12、14、15、17、19、23、24、29、30、33、36、39、40、42～44、46

いずれも1・1/4Cr-1/2Mo系で本発明の範囲内のため作業性および溶接金属の機械的特性は良好である。

#### 実験No.47、48

2・1/4Cr-1Mo系に本発明の範囲内のワイヤを適用したもので溶接作業性および溶接金属の機械的特性は良好である。

#### 実験No.49、50、52

3-Cr-1Mo系、Mn-Mo系およびMn-Mo-Ni系に本発明を適用したもので溶接作業性および溶接金属の機械的特性は良好である。

#### 実験No.53～59

MIG溶接におけるそれぞれの鋼種について発

明を適用したもので溶接作業性が良好であると共に溶接金属の機械的特性、特に衝撃値は極めて良好である。

第 1 表

金属外皮種類	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Ti	N
H-1	0.08	0.05	0.10	0.006	0.005	1.37	0.50	—	—	0.0050
H-2	0.09	0.10	0.52	0.006	0.005	1.35	0.49	—	—	0.0052
H-3	0.08	0.08	0.71	0.005	0.006	1.33	0.50	—	—	0.0045
H-4	0.08	0.54	1.13	0.006	0.006	1.35	0.50	—	—	0.0039
H-5	0.09	0.86	1.95	0.006	0.007	1.34	0.51	—	0.06	0.0047
H-6	0.08	1.07	2.61	0.007	0.007	1.35	0.50	—	—	0.0052
H-7	0.09	0.55	1.65	0.007	0.005	1.01	0.49	—	—	0.0054
H-8	0.08	0.81	1.40	0.006	0.006	1.35	—	—	—	0.0049
H-9	0.08	0.56	1.25	0.007	0.006	1.36	0.34	—	—	0.0050
H-10	0.08	0.52	1.10	0.006	0.006	1.35	0.50	—	0.06	0.0046
H-11	0.07	0.84	1.90	0.007	0.005	1.36	0.51	—	0.14	0.0214
H-12	0.09	0.49	1.14	0.006	0.005	1.34	0.50	—	0.18	0.0038
H-13	0.08	0.52	1.09	0.006	0.006	1.40	0.49	—	—	0.0130
H-14	0.09	0.55	1.11	0.006	0.005	1.36	0.50	—	—	0.0253
H-15	0.08	0.53	1.07	0.007	0.006	1.35	0.51	—	—	0.0402
H-16	0.08	0.55	1.08	0.006	0.005	1.34	0.50	—	0.06	0.0261
H-17	0.13	0.54	1.18	0.006	0.006	2.38	1.01	—	—	0.0076
H-18	0.09	0.51	1.06	0.007	0.006	2.39	1.00	—	0.08	0.0220
H-19	0.10	0.49	1.09	0.006	0.006	3.01	1.05	—	—	0.0059
H-20	0.08	0.52	1.56	0.006	0.007	—	0.49	—	—	0.0041
H-21	0.07	0.32	1.55	0.006	0.008	—	0.36	0.21	0.06	0.0050
H-22	0.08	0.33	1.52	0.009	0.008	—	0.35	0.51	0.06	0.0055
H-23	0.08	0.35	0.53	0.008	0.006	5.10	0.52	—	—	0.0092
H-24	0.09	0.45	1.01	0.009	0.006	10.49	1.97	0.97	—	0.0088

(%)

第 2 表 (1)

実験 No.		△1	△2	3	4	5
金属外皮種類		H-1	H-2	H-3	H-4	H-5
フラツクス成分(%)	脱酸剤合金剤	Si	0.7	0.7	0.7	0.3
		Mn	1.8	1.4	1.1	0.8
		Cr	—	—	—	—
		Mo	—	—	—	—
		Ni	—	—	—	—
		Ti	0.3	0.3	0.3	0.3
		Fe	0.9	1.3	1.6	2.3
N		—	—	—	—	—
スラグ形成剤	ZrO <sub>2</sub>	2.8	2.8	2.8	2.8	3.0
	SiO <sub>2</sub>	1.8	1.8	1.8	1.8	2.0
	MgO	1.9	1.9	1.9	1.9	2.0
	鉄酸化物(FeO)	2.3	2.3	2.3	2.3	2.5
	TiO <sub>2</sub>	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	その他	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
(TiO <sub>2</sub> × 0.2) + フラツクス Ti + 金属外皮 Ti × 5M (%)		0.6	0.6	0.6	0.6	0.564
フラツクス N + 金属外皮 N × M (%)		0.0043	0.0044	0.0038	0.0033	0.0041
スラグ形成剤含有量 (%)		11.3	11.3	11.3	11.3	12.0
フラツクス充填率 (%)		15	15	15	15	12

実験 №		△6	△7	8	9	△10	
金属外皮種類		H-6	H-3	H-7	H-7	H-7	
フラックス成分(%)	脱酸剂合金剤	Si	—	0.9	0.3	0.3	
		Mn	—	1.1	0.2	0.2	
		Cr	—	—	0.2	0.4	
		Mo	—	—	—	—	
		Ni	—	—	—	—	
		Ti	0.3	0.3	0.3	0.3	
		Fe	4.4	1.4	2.7	2.5	
	スラグ形成剤	N	—	—	—	—	
		ZrO <sub>2</sub>	2.8	2.8	2.8	2.8	
		SiO <sub>2</sub>	1.8	1.8	1.8	1.8	
		MgO	1.9	1.9	1.9	1.9	
		鉄酸化物(FeO)	2.3	2.3	2.3	2.3	
		TiO <sub>2</sub>	1.5	1.5	1.5	1.5	
その他		1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
(TiO <sub>2</sub> × 0.2) + フラックス Ti + 金属外皮 Ti × 5M		(%)	0.6	0.6	0.6	0.6	
フラックス N + 金属外皮 N × M		(%)	0.0044	0.0038	0.0046	0.0046	
スラグ形成剤含有量 (%)		(%)	11.3	11.3	11.3	11.3	
フラックス充填率 (%)		(%)	15	15	15	15	

△印は本発明範囲外であることを示す。

第 2 表 (2)

実験 №		△11	12	△13	14	15
金属外皮種類		H-8	H-9	H-4	H-4	H-4
フラックス成分 (%)	脱酸剤合 金剤	Si	—	0.3	0.3	0.3
		Mn	0.4	0.6	0.8	0.8
		Cr	—	—	—	—
		Mo	0.5	0.3	—	—
		Ni	—	—	—	—
		Ti	0.3	0.3	0.05	0.1
		Fe	2.5	2.2	3.55	3.0
N		—	—	—	—	—
スラグ形 成剤	ZrO <sub>2</sub>	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8
	SiO <sub>2</sub>	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
	MgO	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9
	鉄酸化物(FeO)	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3
	TiO <sub>2</sub>	1.5	1.5	0.5	1.0	0.5
	その他	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
(TiO <sub>2</sub> × 0.2) + フラックスTi + 金属外 皮Ti × 5M (%)		0.6	0.6	0.15	0.3	0.8
フラックスN + 金属外皮N × M (%)		0.0042	0.0043	0.0033	0.0033	0.0033
スラグ形成剤含有量 (%)		11.3	11.3	10.3	10.8	10.3
フラックス充填率 (%)		15	15	15	15	15

実験 №		△16	17	△18	19	△20	
金属外皮種類		H-4	H-10	H-10	H-11	H-11	
フラックス成分(%)	脱酸剂合金剤	Si	0.3	0.3	0.3	-	
		Mn	0.8	0.8	0.8	-	
		Cr	-	-	-	-	
		Mo	-	-	-	-	
		Ni	-	-	-	-	
		Ti	0.8	0.2	0.5	-	
		Fe	2.8	2.4	2.6	-	
	スラグ形成剤	N	-	-	-	-	
		ZrO <sub>2</sub>	2.8	2.8	2.8	3.0	
		SiO <sub>2</sub>	1.8	1.8	1.8	2.0	
		MgO	1.9	1.9	1.9	2.0	
		鉄酸化物(FeO)	2.3	2.3	2.3	2.5	
		TiO <sub>2</sub>	0.5	1.5	1.0	0.5	
		その他	1.0	1.0	1.0	1.0	
(TiO <sub>2</sub> × 0.2) + フラックスTi + 金属外皮Ti × 5M		(%)	0.9	0.755	0.955	0.723	
フラックスN + 金属外皮N × M		(%)	0.0033	0.0039	0.0039	0.0190	
スラグ形成剤含有量 (%)		(%)	10.3	11.3	10.8	11.0	
フラックス充填率 (%)		(%)	15	15	15	11	

△印は本発明範囲外であることを示す。

第 2 表 (3)

実験 No.		△21	△22	23	24	△25
金属外皮種類		H-12	H-4	H-4	H-4	H-4
フラックス成分 (%)	脱酸剂合 金剂	Si	0.3	0.3	0.3	0.3
		Mn	0.8	0.8	0.8	0.8
		Cr	—	—	—	—
		Mo	—	—	—	—
		Ni	—	—	—	—
		Ti	—	0.3	0.3	0.3
		Fe	3.6	3.7	3.5	1.6
N		—	—	—	—	—
スラグ形 成剂	ZrO <sub>2</sub>	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8
	SiO <sub>2</sub>	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
	MgO	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9
	鉄酸化物(FeO)	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3
	TiO <sub>2</sub>	0.5	0.1	0.3	2.2	2.7
	その他	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
(TiO <sub>2</sub> × 0.2) + フラックスTi + 金属外 皮Ti × M (%)		0.865	0.32	0.36	0.74	0.84
フラックスN + 金属外皮N × M (%)		0.0032	0.0033	0.0033	0.0033	0.0033
スラグ形成剤含有量 (%)		10.3	9.9	10.1	12.0	12.5
フラックス充填率 (%)		15	15	15	15	15

実験 №		△26	△27	△28	29	30	
金属外皮種類		H-10	H-11	H-5	H-5	H-5	
フラックス ス成分 (%)	脱酸剤合 金剤	Si	0.3	—	—	—	
		Mn	0.8	—	—	—	
		Cr	—	—	—	—	
		Mo	—	—	—	—	
		Ni	—	—	—	—	
		Ti	0.2	—	—	—	
		Fe	1.9	—	—	—	
	N		—	—	—	—	
	スラグ形 成剤	ZrO <sub>2</sub>	2.8	2.8	1.8	2.1	
		SiO <sub>2</sub>	1.8	1.8	0.9	1.0	
		MgO	1.9	1.9	2.0	2.1	
		鉄酸化物(FeO)	2.3	2.3	2.3	2.3	
		TiO <sub>2</sub>	2.0	1.2	2.0	1.5	
		その他	1.0	1.0	1.0	1.0	
(TiO <sub>2</sub> × 0.2) + フラックス Ti + 金属外 皮 Ti × 5M (%)		0.855	0.863	0.67	0.57	0.564	
フラックス N + 金属外皮 N × M (%)		0.0039	0.0190	0.0042	0.0042	0.0041	
スラグ形成剤含有量 (%)		11.8	11.0	10.0	10.0	12.0	
フラックス充填率 (%)		15	11	10	10	12	

△印は本発明範囲外であることを示す。

第 2 表 (4)

実験 No.		△31	△32	33	△34	△35
金属外皮種類		H-5	H-5	H-5	H-5	H-5
フラックス成分(%)	脱酸剤合 金剤	Si	—	—	—	—
		Mn	—	—	—	—
		Cr	—	—	—	—
		Mo	—	—	—	—
		Ni	—	—	—	—
		Ti	—	—	—	—
		Fe	—	—	—	—
N		—	—	—	—	—
スラグ形 成剤	ZrO <sub>2</sub>	4.2	2.8	3.0	3.0	3.0
	SiO <sub>2</sub>	1.9	1.5	1.8	1.8	2.0
	MgO	1.9	0.9	1.2	3.2	2.1
	鉄酸化物(FeO)	2.0	2.3	2.5	2.5	1.4
	TiO <sub>2</sub>	1.0	1.5	1.5	1.5	1.5
	その他	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
(TiO <sub>2</sub> × 0.2) + フラックス Ti + 金属外 皮 Ti × M (%)		0.464	0.57	0.567	0.561	0.567
フラックス N + 金属外皮 N × M (%)		0.0041	0.0042	0.0042	0.0041	0.0042
スラグ形成剤含有量 (%)		12.0	10.0	11.0	13.0	11.0
フラックス充填率 (%)		12	10	11	13	11

実験 No.		36	△37	△38	39	40	
金属外皮種類		H-5	H-5	H-5	H-5	H-4	
フラックス成分 (%)	脱酸剂合 金剤	Si	—	—	—	0.3	
		Mn	—	—	—	0.8	
		Cr	—	—	—	—	
		Mo	—	—	—	—	
		Ni	—	—	—	—	
		Ti	—	—	—	0.3	
		Fe	—	—	0.1	2.3	
	N		—	—	—	0.018	
	スラグ形 成剤	ZrO <sub>2</sub>	3.0	2.2	1.7	4.0	
		SiO <sub>2</sub>	2.0	1.8	1.1	3.0	
		MgO	2.2	2.3	1.2	3.0	
		鉄酸化物(FeO)	3.3	3.7	1.4	3.5	
		TiO <sub>2</sub>	1.5	1.0	0.9	2.5	
		その他	1.0	1.0	0.6	2.0	
(TiO <sub>2</sub> × 0.2) + フラックスTi + 金属外 皮Ti × 5M (%)		0.561	0.464	0.459	0.746	0.6	
フラックスN + 金属外皮N × M (%)		0.0041	0.0041	0.0044	0.0039	0.0213	
スラグ形成剤含有量 (%)		13.0	12.0	6.9	18.0	11.3	
フラックス充填率 (%)		13	12	7	18	15	

△印は本発明範囲外であることを示す。

第 2 表 (5)

実験 No		△41	42	43	44	△45	
金属外皮種類		H-4	H-13	H-14	H-13	H-15	
フラックス成分(%)	脱酸剂合金剤	Si	0.3	0.3	0.3	0.3	
		Mn	0.8	0.8	0.8	0.8	
		Cr		—		—	
		Mo	—	—	—	—	
		Ni	—	—	—	—	
		Ti	0.3	0.3	0.3	0.3	
		Fe	2.3	2.3	2.3	2.3	
	N		0.033	0.009	—	0.018	
	スラグ形 成剤	ZrO <sub>2</sub>	2.8	2.8	2.8	2.8	
		SiO <sub>2</sub>	1.8	1.8	1.8	1.8	
		MgO	1.9	1.9	1.9	1.9	
		鉄酸化物(FeO)	2.3	2.3	2.3	2.3	
		TiO <sub>2</sub>	1.5	1.5	1.5	1.5	
その他		1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
(TiO <sub>2</sub> × 0.2) + フラックスTi + 金属外皮Ti × 5M (%)		0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	
フラックスN + 金属外皮N × M (%)		0.0363	0.0201	0.0215	0.0291	0.0342	
スラグ形成剤含有量 (%)		11.3	11.3	11.3	11.3	11.3	
フラックス充填率 (%)		15	15	15	15	15	

実験 No		46	47	48	49	50
金属外皮種類		H-16	H-17	H-18	H-19	H-20
フラツクス成分(%)	脱酸剂合金剤	Si	0.3	0.2	0.2	0.2
		Mn	0.8	0.6	0.6	0.6
		Cr	—	—	—	—
		Mo	—	—	—	—
		Ni	—	—	—	—
		Ti	0.1	0.3	—	0.3
		Fe	2.5	2.6	2.9	2.6
N		—	0.018	—	0.018	—
スラグ形 成剤	ZrO <sub>2</sub>	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8
	SiO <sub>2</sub>	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
	MgO	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9
	鉄酸化物(FeO)	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3
	TiO <sub>2</sub>	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	その他	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
(TiO <sub>2</sub> × 0.2) + フラツクスTi + 金属外皮Ti × 5M (%)		0.655	0.6	0.64	0.6	0.6
フラツクスN + 金属外皮N × M (%)		0.0222	0.0245	0.0187	0.0230	0.0035
スラグ形成剤含有量 (%)		11.3	11.3	11.3	11.3	11.3
フラツクス充填率 (%)		15	15	15	15	15

△印は本発明範囲外であることを示す。

第 2 表 (6)

実験 No.		△51	52	53	54	55
金属外皮種類		H-21	H-22	H-20	H-22	H-16
フラツクス成分(%)	脱酸剤合金剤	Si	0.2	0.2	0.2	0.2
		Mn	0.7	0.7	0.2	0.2
		Cr	—	—	—	—
		Mo	—	—	—	—
		Ni	0.8	0.5	—	0.5
		Ti	0.2	0.2	0.2	—
		Fe	1.8	2.1	3.1	2.8
N		—	—	—	—	—
スラグ形成剤	ZrO <sub>2</sub>	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8
	SiO <sub>2</sub>	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
	MgO	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9
	鉄酸化物(FeO)	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3
	TiO <sub>2</sub>	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	その他	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
(TiO <sub>2</sub> × 0.2) + フラツクスTi + 金属外皮Ti × 5M (%)		0.755	0.755	0.5	0.555	0.555
フラツクスN + 金属外皮N × M (%)		0.0043	0.0047	0.0035	0.0047	0.0222
スラグ形成剤含有量 (%)		11.3	11.3	11.3	11.3	11.3
フラツクス充填率 (%)		15	15	15	15	15

実験 No		56	57	58	59	
金属外皮種類		H-17	H-19	H-23	H-24	
フラックス成分(%)	脱酸剂合金剤	Si	0.1	0.1	0.1	
		Mn	0.3	0.3	0.2	
		Cr	—	—	—	
		Mo	—	—	—	
		Ni	—	—	0.6	
		Ti	0.2	0.2	0.2	
		Fe	3.1	3.1	3.1	
	N		0.018	0.018	—	
	スラグ形成剤	ZrO <sub>2</sub>	2.8	2.8	2.8	
		SiO <sub>2</sub>	1.8	1.8	1.8	
		MgO	1.9	1.9	1.9	
		鉄酸化物(FeO)	2.3	2.3	2.3	
		TiO <sub>2</sub>	1.5	1.5	1.0	
その他		1.0	1.0	1.0	1.0	
(TiO <sub>2</sub> × 0.2) + フラックスTi + 金属外皮Ti × 5% (%)		0.5	0.5	0.4	0.4	
フラックスN + 金属外皮N × M (%)		0.0245	0.0230	0.0078	0.0075	
スラグ形成剤含有量 (%)		11.3	11.3	10.8	10.8	
フラックス充填率 (%)		15	15	15	15	

△印は本発明範囲外であることを示す。

第3表 使用母材と予熱・バス間温度

鋼種	1·1/4 Cr-1/2 Mo	2·1/4 Cr-1 Mo	3 Cr-1 Mo	Mn-Mo	Mn-Mo-Ni	5 Cr-1/2 Mo	9 Cr-2 Mo
使用母材	ASTM A387 Gr. 11, Cl. 2	ASTM A387 Gr. 22, Cl. 2	ASTM A387 Gr. 21, Cl. 2	ASTM A302 Gr. B	ASTM A533 Type B, Cl. 1	ASTM A387 Gr. 5, Cl. 2	ASTM A387 Gr. 9, Cl. 2
予熱・バス間温度(0°C)	176±15	176±15	176±15	150±15	150±15	225±15	225±15

第 4 表 溶接条件

溶接条件	A	B	C
シールドガス	CO <sub>2</sub> : 100%	Ar : 80% CO <sub>2</sub> : 20%	Ar : 95% CO <sub>2</sub> : 5%
流量	25ℓ/分	25ℓ/分	
溶接電流	270A	270A	260A
溶接電圧	32~34V	31~33V	30~32V
溶接速度	20~30cm/分	20~30cm/分	20~30cm/分

第 5 表 (1)

実験 No	△1	△2	3	4	5	
溶接条件	A	A	A	A	A	
溶接作業性	良好	良好	良好	良好	良好	
ビード外観	良好	良好	良好	良好	良好	
X線性能(JIS)	1級	1級	1級	1級	1級	
溶接金属の化学成分(%)	C Si Mn Cr Mo Ni Ti N	0.08 0.40 0.95 1.25 0.50 — 0.022 0.0061	0.09 0.43 0.92 1.24 0.50 — 0.021 0.0059	0.08 0.39 0.94 1.23 0.49 — 0.023 0.0055	0.09 0.40 0.95 1.26 0.50 — 0.021 0.0066	0.08 0.43 0.94 1.25 0.50 — 0.022 0.0051
PWHT(℃×hr)	690×28	690×28	690×28	690×28	690×28	
溶接金属の機械的特性	0.2%耐力(kgf/mm <sup>2</sup> ) 引張強さ(kgf/mm <sup>2</sup> ) 伸び(%) 衝撃吸収エネルギー0℃(kgf·mm)	38.2 48.5 32 2.7	42.5 52.1 30 6.2	45.3 56.2 27 8.7	47.0 58.6 27 7.9	46.9 57.0 27 8.5

実験 No		△6	△7	8	9	△10
溶接条件		A	A	A	A	A
溶接作業性		良好	良好	良好	良好	良好
ビード外観		良好	良好	良好	良好	良好
X線性能(JIS)		1級	1級	1級	1級	1級
溶接金属の 化学成分 (%)	C	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
	Si	0.56	0.55	0.42	0.41	0.39
	Mn	1.29	0.94	0.92	0.95	0.93
	Cr	1.24	1.25	1.10	1.26	1.44
	Mo	0.50	0.50	0.50	0.49	0.50
	Ni	—	—	—	—	—
	Ti	0.021	0.025	0.022	0.022	0.022
	N	0.0058	0.0054	0.0060	0.0050	0.0057
PWHT(℃×hr)		690×28	690×28	690×28	690×28	690×28
溶接金属の 機械的特性	0.2%耐力(kgf/mm <sup>2</sup> )	50.6	50.4	45.8	45.6	36.3
	引張強さ(kgf/mm <sup>2</sup> )	61.2	60.9	56.5	55.2	52.5
	伸び(%)	25	25	27	26	29
	衝撃吸収エネルギー0℃ (kgf·mm)	4.6	5.1	8.1	6.8	5.4

△印は本発明の範囲外であることを示す。

第 5 表 (2)

実験 No.		△11	12	△13	14	15
溶接条件	A	A	A	A	A	A
溶接作業性	良好	良好	良好	良好	良好	良好
ビード外観	良好	良好	良好	良好	良好	良好
X線性能(JIS)	1級	1級	1級	1級	1級	1級
溶接金属の 化学成分 (%)	C	0.08	0.08	0.09	0.08	0.07
	Si	0.41	0.40	0.38	0.40	0.42
	Mn	0.94	0.92	0.88	0.90	0.96
	Cr	1.23	1.24	1.22	1.24	1.25
	Mo	0.50	0.50	0.50	0.49	0.50
	Ni	—	—	—	—	—
	Ti	0.025	0.021	0.009	0.014	0.034
	N	0.0054	0.0063	0.0059	0.0054	0.0052
PWHT(°C×hr)		690×28	690×28	690×28	690×28	690×28
溶接金属の 機械的特性	0.2%耐力(kgf/mm <sup>2</sup> )	34.7	46.2	45.9	46.7	47.2
	引張強さ(kgf/mm <sup>2</sup> )	50.7	56.9	55.5	56.3	57.9
	伸び(%)	30	26	26	26	26
	衝撃吸収エネルギー 0°C (kgf·m)	3.5	8.5	3.1	5.9	8.9

実験 No	△16	17	△18	19	△20
溶接条件	A	A	A	A	A
溶接作業性	良好	良好	良好	良好	良好
ビード外観	良好	良好	良好	良好	良好
X線性能(JIS)	1級	1級	1級	1級	1級
溶接金属の 化学成分 (%)	C	0.08	0.08	0.07	0.08
	Si	0.45	0.40	0.48	0.42
	Mn	0.98	0.92	0.96	0.93
	Cr	1.25	1.22	1.24	1.25
	Mo	0.50	0.50	0.50	0.50
	Ni	—	—	—	—
	Ti	0.049	0.031	0.051	0.032
	N	0.0057	0.0061	0.0059	0.0205
PWHT(°C × hr)	690×28	690×28	690×28	690×28	690×28
溶接金属の 機械的特性	0.2%耐力(kgf/mm <sup>2</sup> )	48.1	49.6	50.9	49.9
	引張強さ(kgf/mm <sup>2</sup> )	58.9	60.2	61.2	60.8
	伸び(%)	26	26	25	26
	衝撃吸収エネルギー0°C (kgf·mm)	3.6	5.9	3.7	5.7

△印は本発明の範囲外であることを示す。

第 5 表 (3)

実験 №		△21	△22	23	24	△25
溶接条件	A	A	A	A	A	A
溶接作業性	良好	不良	良好	良好	良好	良好
ビード外観	良好	不良	良好	良好	良好	良好
X線性能(JIS)	1級	1級	1級	1級	1級	1級
溶接金属の 化学成分 (%)	C	0.09	0.08	0.09	0.09	0.08
	Si	0.50	0.40	0.39	0.39	0.41
	Mn	1.02	0.94	0.92	0.95	0.94
	Cr	1.25	1.22	1.24	1.23	1.22
	Mo	0.51	0.49	0.50	0.51	0.50
	Ni	—	—	—	—	—
	Ti	0.044	0.018	0.019	0.034	0.037
	N	0.0064	0.0059	0.0062	0.0057	0.0071
PWHT(℃×hr)		690×28	690×28	690×28	690×28	690×28
溶接金属の 機械的特性	0.2%耐力(kgf/mm <sup>2</sup> )	49.2	46.5	46.8	49.7	50.1
	引張強さ(kgf/mm <sup>2</sup> )	61.5	55.6	56.4	60.4	60.2
	伸び(%)	26	28	28	26	26
	衝撃吸収エネルギー 0°C (kgf·m)	3.2	7.6	7.8	6.9	4.5

実験 No	△26	△27	△28	29	30
溶接条件	A	A	A	A	A
溶接作業性	良好	良好	不良	良好	良好
ビード外観	良好	良好	不良	良好	良好
X線性能(JIS)	1級	1級	1級	1級	1級
溶接金属の 化学成分 (%)	C	0.08	0.07	0.09	0.08
	Si	0.40	0.49	0.40	0.42
	Mn	0.95	0.96	0.95	0.92
	Cr	1.26	1.24	1.22	1.21
	Mo	0.50	0.51	0.50	0.50
	Ni	—	—	—	—
	Ti	0.036	0.036	0.027	0.024
	N	0.0066	0.0225	0.0062	0.0056
PWHT(°C×hr)	690×28	690×28	690×28	690×28	690×28
溶接金属の 機械的特性	0.2%耐力(kgf/mm <sup>2</sup> )	49.9	51.7	47.1	44.6
	引張強さ(kgf/mm <sup>2</sup> )	60.8	61.4	56.8	55.6
	伸び(%)	26	26	28	28
	衝撃吸収エネルギー 0°C (kgf·m)	4.0	3.6	6.9	8.0
					8.9

△印は本発明の範囲外であることを示す。

第 5 表 (4)

実験 №		△31	△32	33	△34	△35
溶接条件	A	A	A	A	A	A
溶接作業性	不良	不良	良好	不良	不良	不良
ピード外観	不良	不良	良好	不良	不良	不良
X線性能(JIS)	3級	1級	1級	3級	1級	1級
溶接金属の 化学成分 (%)	C		0.08	0.08		0.08
	Si		0.37	0.41		0.45
	Mn		0.90	0.94		1.01
	Cr		1.23	1.29		1.29
	Mo		0.50	0.50		0.49
	Ni		—	—		—
	Ti		0.020	0.022		0.029
	N		0.0060	0.0057		0.0059
PWHT(°C×hr)			690×28	690×28		690×28
溶接金属の 機械的特性	0.2%耐力(kgf/mm <sup>2</sup> )		44.9	48.6		50.1
	引張強さ(kgf/mm <sup>2</sup> )		56.2	58.6		58.7
	伸び(%)		29	27		27
	衝撃吸収エネルギー0°C (kgf·mm)		6.4	8.4		8.1

実験 No		36	△37	△38	39	40
溶接条件	A	A	A	A	A	A
溶接作業性	良好	良好	不良	良好	良好	良好
ピード外観	良好	良好	不良	良好	良好	良好
X線性能(JIS)	1級	2級	1級	1級	1級	1級
溶接金属の 化学成分 (%)	C	0.08	0.07	0.08	0.08	0.08
	Si	0.34	0.33	0.41	0.43	0.41
	Mn	0.88	0.82	0.95	0.94	0.96
	Cr	1.24	1.20	1.26	1.26	1.25
	Mo	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
	Ni	—	—	—	—	—
	Ti	0.021	0.013	0.026	0.029	0.022
	N	0.0053	0.0055	0.0061	0.0071	0.0222
PWHT(℃×hr)		690×28	690×28	690×28	690×28	690×28
溶接金属の 機械的特性	0.2%耐力(kgf/mm <sup>2</sup> )	46.7	43.5	49.7	49.3	49.5
	引張強さ(kgf/mm <sup>2</sup> )	55.8	54.3	59.1	60.7	58.7
	伸び(%)	27	28	27	27	27
	衝撃吸収エネルギー 0°C (kgf·mm)	6.3	3.4	7.6	8.7	11.2

No.31およびNo.34は試験片採取不可

△印は本発明の範囲外であることを示す。

第 5 表 (5)

実験 No		△41	42	43	44	△45
溶接条件	A	A	A	A	A	
溶接作業性	良好	良好	良好	良好	良好	
ビード外観	不良	良好	良好	良好	良好	
X線性能(JIS)	3級	1級	1級	1級	3級	
溶接金属の 化学成分 (%)	C		0.08	0.08	0.08	
	Si		0.42	0.41	0.39	
	Mn		0.96	0.98	0.94	
	Cr		1.26	1.24	1.22	
	Mo		0.50	0.50	0.50	
	Ni		—	—	—	
	Ti		0.024	0.024	0.022	
溶接金属の 機械的特性	N		0.0215	0.0260	0.0309	
	PWHT(°C×hr)		690×28	690×28	690×28	
	0.2%耐力(kgf/mm <sup>2</sup> )		49.4	48.7	49.2	
	引張強さ(kgf/mm <sup>2</sup> )		58.4	59.3	59.5	
伸び(%)	伸び(%)		27	27	27	
	衝撃吸収エネルギー 0°C (kgf·m)		13.9	12.7	12.9	

実験 No.		46	47	48	49	50
溶接条件	A	A	A	A	A	A
溶接作業性	良好	良好	良好	良好	良好	良好
ビード外観	良好	良好	良好	良好	良好	良好
X線性能(JIS)	1級	1級	1級	1級	1級	1級
溶接金属の 化学成分 (%)	C	0.08	0.12	0.09	0.10	0.07
	Si	0.43	0.36	0.32	0.34	0.49
	Mn	0.95	0.96	0.95	0.95	1.05
	Cr	1.25	2.29	2.22	3.00	—
	Mo	0.50	1.01	1.00	1.04	0.51
	Ni	—	—	—	—	—
	Ti	0.025	0.025	0.022	0.022	0.020
	N	0.0282	0.0245	0.0200	0.0225	0.0053
PWHT(°C×hr)		690×28	720×28	720×28	720×28	620×40
溶接金属の 機械的特性	0.2%耐力(kgf/mm <sup>2</sup> )	50.4	49.4	48.3	48.7	46.2
	引張強さ(kgf/mm <sup>2</sup> )	60.9	60.0	59.2	59.4	58.2
	伸び(%)	26	26	26	26	30
	衝撃吸収エネルギー 0°C (kgf·mm)	14.2	13.2	12.5	13.4	7.2

No.41およびNo.45は試験片採取不可

△印は本発明の範囲外であることを示す。

第 5 表 (6)

実験 No.	△51	52	53	54	55
溶接条件	A	A	B	B	B
溶接作業性	良好	良好	良好	良好	良好
ビード外観	良好	良好	良好	良好	良好
X線性能(JIS)	1級	1級	1級	1級	1級
C	0.08	0.06	0.08	0.07	0.08
Si	0.37	0.35	0.46	0.37	0.40
Mn	1.05	1.10	0.99	1.15	0.86
Cr	—	—	—	—	1.27
Mo	0.35	0.35	0.51	0.34	0.50
Ni	1.0	1.0	—	1.00	—
Ti	0.022	0.029	0.025	0.021	0.021
N	0.0056	0.0051	0.0044	0.0039	0.0251
PWHT(°C×hr)	620×40	620×40	620×40	620×40	690×28
溶接金属の機械的特性	0.2%耐力(kgf/mm <sup>2</sup> )	40.8	51.4	44.3	52.1
	引張強さ(kgf/mm <sup>2</sup> )	52.3	61.4	55.6	61.7
	伸び(%)	32	28	30	28
	衝撃吸収エネルギー 0°C (kgf·m)	4.8	8.6	16.2	15.4
					18.6

実験 No		56	57	58	59
溶接条件		B	B	C	C
溶接作業性		良好	良好	良好	良好
ビード外観		良好	良好	良好	良好
X線性能(JIS)		1級	1級	1級	1級
溶接金属の 化学成分 (%)	C	0.08	0.10	0.08	0.08
	Si	0.36	0.35	0.34	0.33
	Mn	0.87	0.85	0.44	0.87
	Cr	2.27	3.05	5.08	9.98
	Mo	1.01	1.04	0.52	1.97
	Ni	—	—	—	0.60
	Ti	0.022	0.021	0.019	0.018
	N	0.0224	0.0205	0.0099	0.0112
PWHT(°C×hr)		720×28	720×28	750×10	750×10
溶接金属の 機械的特性	0.2%耐力(kgf/mm <sup>2</sup> )	50.3	49.6	44.4	39.5
	引張強さ(kgf/mm <sup>2</sup> )	61.1	59.4	56.8	58.1
	伸び(%)	28	26	28	27
	衝撃吸収エネルギー 0°C (kgf·m)	17.4	16.9	14.5	6.4

△印は本発明の範囲外であることを示す。

#### [発明の効果]

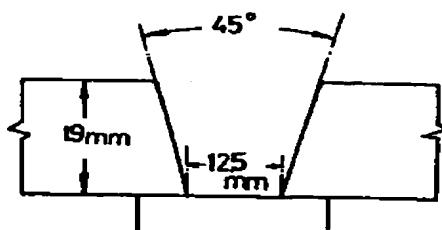
本発明は以上の様に構成されており、長時間 PWHT後においても溶接金属中に粗大フェライトを生ずることなく、従つて溶接金属の機械的特性は良好であり、本発明に係るフラックス入りワイヤを使用することにより健全な溶接金属の機械的特性を得ることができる。

#### 図面の簡単な説明

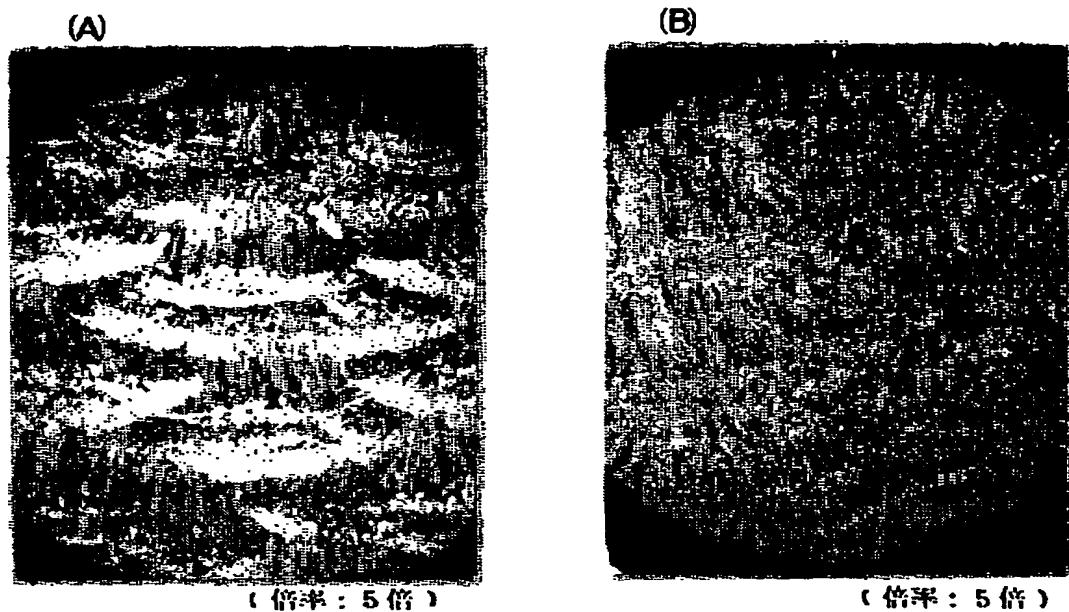
第1図A, Bはそれぞれ従来ワイヤと本発明ワ

イヤを用いた溶接金属の断面顕微鏡写真、第2図は本発明におけるフラックス中のTiO<sub>2</sub>量とフラックス及び金属外皮中のTi量、並びに衝撃値の関係を示す図、第3図は本発明の実験例における開先形状を示す図、第4図は先願発明に係る PWHTに要する時間と溶接金属の機械的特性との関係を示す図である。

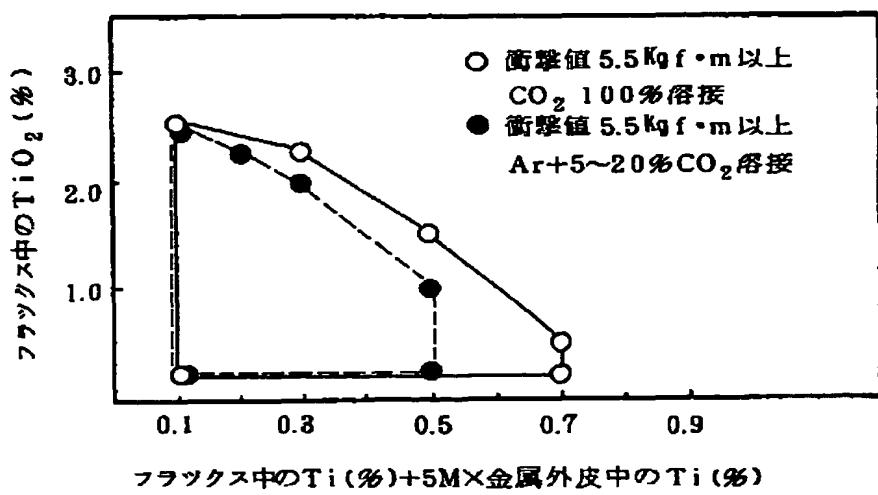
第3図



第1図



第2図



第4図

